

## **Dödved och artrikedom**

- påverkar dödvedssubstratformen artrikedomen av vedlevande skalbaggar i luckhuggna restaureringsbestånd?

### *Deadwood and species richness*

- *does deadwood substrate form affect species richness among saproxylic beetles in gap cut restoration areas?*



Foto: Jakob Gustafsson

**Anton Andersson & Jakob Gustafsson**



# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,  
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Anton Andersson & Jakob Gustafsson
Titel, Sv	Dödved och artrikedom
Titel, Eng	<i>Deadwood and species richness</i>
Nyckelord/ Keywords	<i>Boreal skog, artsamhällen, liggande dödved, stående dödved, Boreal forests, species communities, standing deadwood, downed deadwood</i> <i>Joakim Hjältén</i>
Handledare/Supervisor	<i>Institutionen för vilt, fiske och miljö/ Department of Fish and Wildlife</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0911
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2019
Serie	Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

# FÖRORD

Denna rapport är ett kandidatarbete gjort vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet är skrivet under våren 2019 och omfattar 15 högskolepoäng.

Vi vill tacka Joakim Hjältén som handlett oss genom arbetet samt tillhandahållit data. Vi vill även tacka Martijn Versluijs och Hilda Edlund som hjälpt oss med programmering i R.

## SAMMANFATTNING

Volym och diversitet av dödved påverkas negativt av skogsbruk, vilket i sin tur leder till negativa effekter på det mycket stora antal arter som lever i död ved. För att reducera de negativa effekterna på vedlevande arter krävs att rätt åtgärder utförs, t.ex. att rätt typ av habitat för dessa arter skapas. Vi har, med hjälp av data från luckhuggna restaureringsområden, ställt olika substratformer av dödved mot varandra för att ta reda på vilka som har störst positiv påverkan på vedlevande skalbaggars artrikedom. Med hjälp av rarefaction-kurvor har artrikedom jämförts mellan olika substratformer där ackumulering av arter för olika substrat visas. NMDS-plots har använts för att för att identifiera likheter och skillnader i substratens artsamhällen. Resultaten visar på tydliga skillnader i artrikedom och artackumuleringstakt mellan olika substrat där liggande substrat visar på störst positiv påverkan på vedlevande skalbaggar. Olikheter i artsamhällen hittas i jämförelser mellan både substratformer och trädarter. Utifrån resultaten bedöms det att dödved bör lämnas i olika former och i större mängder för att kunna uppnå uppsatta miljömål.

Nyckelord: Boreal skog, artsamhällen, liggande dödved, stående dödved

## SUMMARY

A declining amount of deadwood is today recognised in managed forests. To create as many suitable habitats as possible for saproxylic species it is necessary to use the correct methods. We have, with data from a gap cut restoration areas, compared different substrate forms of deadwood to analyze which have the most positive effect on the species richness of saproxylic beetles. The species richness were compared between different substrate forms using rarefaction curves. NMDS-plots were used to compare differences in species societies. Differences in species richness are shown between both substrate forms and tree species where downed deadwood shows the biggest positive effect on saproxylic beetles. NMDS-plots indicates that there are differences in species societies between both substrate forms and tree species. Given these results it is assessed that deadwood should be retained in different forms and more extensively to reach environmental goals.

Keywords: *Gap cutting, boreal forest, species communities, standing deadwood, downed deadwood*

# INLEDNING

## Förändring av landskapet i Europa och Fennoscandia - degradering, habitatförlust och artdiversitetsförlust

Den totala skogsarealen har i Europa under lång tid minskat på grund av olika former av markutnyttjande, till att idag utgöra till cirka 30% av landytan (Anon.). Andelen obrukad skog, så kallad naturskog, utgör <1% av den totala skogsarealen (Paillet *et al.*, 2010). Denna förändring av total skogsareal och andel naturskog har lett till stora habitatförluster samt degradering och fragmentering av kvarvarande habitat (Paillet *et al.*, 2010). De habitat naturskogar hyser möjliggör en hög diversitet av arter. Denna artdiversitet anses vara essentiell för upprätthållandet av både ekosystemens funktion och de tjänster som dessa tillhandahåller människan (Paillet *et al.*, 2010).

Det boreala skogsbältet, som utgör en betydande del av nordeuropa och därmed Fennoscandia, har länge betraktats som ett simpelt ekosystem med relativt få arter och stabila klimaxstadier. Denna föreställning har allteftersom kunskapen ökat förändrats och betraktas nu som betydligt mer komplext (Kuuluvainen, 2009). Komplexiteten skapas av en rad processer och störningar såsom luckdynamik, bete, översvämningar, brand, storm och insektsutbrott. Processernas och störningarnas temporalitet, spatialitet och omfattning varierar kraftigt och skapar på landskapsnivå en mosaik av miljöer och habitat (Kuuluvainen, 2009). Innan 1900-talet var brand den största störningen som påverkade skogens dynamik storskaligt i Skandinavien (Hjältén *et al.*, 2017). Bränderna har sedan dess minskat dramatiskt på grund av brandförebyggande åtgärder och arealen som brinner årligen har sjunkit från 1 % till 0,02 %. I Bengtsson *et al.*, 2000 nämner man också att många skogar i Europa sannolikt var öppnare än de är idag. Detta relateras bland annat till förekomsten av herbivorer vilka utövade betestryck på vegetationen. Det är därför möjligt att den höga förekomsten av arter anpassade till solbelysta, öppna miljöer är så utbredd i landskapet. I en naturskog genereras element i form av död ved genom just dessa processer och störningar. Dödved utgör därigenom både livsmiljöer och substrat för organismer att existera. Död ved är ett sådant element som det generellt råder brist på i produktionsskog, bl.a. p.g.a. strukturellt homogena monokulturer och korta rotationsperioder (Hjältén *et al.*, 2012).

## Generella skillnader mellan brukad och obrukad skog

Det som idag skiljer brukad från obrukad skog är många faktorer. Den obrukade skogen har en betydligt mer komplex struktur av olika substrat, åldrar och trädslag (Siitonen, 2001). Den brukade skogen har en mer homogen struktur både gällande ålder och trädslagsfördelning. Mängden substrat i form av dödved är också betydligt lägre i brukade skogar (Siitonen, 2001). Förutom struktur är uttag av biomassa i brukade skogar en av de största skillnaderna. Timmer extraheras från skogarna och genom en ökad efterfrågan av biomassa plockas även ibland stubbar från markerna vilket resulterar i att en ännu lägre andel lämnas (Grove, 2002). Biomassa i form av träd och stubbar extraheras även för att minska risken för insektsangrepp i brukade skogar (Grove, 2002). De aktiva åtgärder som vidtas i produktionssyfte påverkar därigenom biodiversiteten i skogarna (Kuuluvainen, 2009). Paillet *et al.*, (2010) uppskattar att skillnaden i biodiversitet mellan brukade och obrukade skogar uppgår till 6,8%. Denna

skillnad är genomsnittet för en rad olika organismgrupper och variationen är stor, bland annat så missgynnas vedlevande skalbaggar betydligt mer än så i den brukade skogen.

För att adressera avsaknad av viktiga element och processer har en rad åtaganden gjorts av olika skogliga aktörer. Sedan 1993 kännetecknas Sveriges skogsvårdsplan av två likställda mål, ett produktionsmål och ett miljömål. Miljömålet lyder: "Skogsmarkens naturgivna produktionsförmåga ska bevaras. En biologisk mångfald och genetisk variation i skogen ska säkras. Skogen ska brukas så att växt- och djurarter som naturligt hör hemma i skogen ges förutsättningar att fortleva under naturliga betingelser och i livskraftiga bestånd. Hotade arter och naturtyper ska skyddas. Skogens kulturmiljövärden samt dess estetiska och sociala värden ska värnas." (Skogsstyrelsen *et al.*, 2019)

## Dödved i brukad och obrukad skog

I södra Fennoskandien har gamla naturskogar en medelvolymer av dödved på 60-90 m<sup>3</sup>/ha medan dagens brukade skogar har en medelvolymer på 2-10 m<sup>3</sup>/ha i samma områden (Siitonen, 2001). På lång sikt antas mer än 50 % av vedlevande arter försvinna på grund av minskad habitattillgång (Siitonen, 2001). Medelvolymer av dödved i brukade skogar i Sverige uppgår till 6,1 m<sup>3</sup>/ha på produktiv mark och 5,2 m<sup>3</sup>/ha om lågproduktiv mark räknas med (Fridman & Walheim, 2000). Medelvolymer uppskattas till 3,5 m<sup>3</sup>/ha i hemiboreala zonen och 9,7 m<sup>3</sup>/ha i norra boreala zonen. De lägsta volymerna hittas i bestånd som uppgår till en ålder av 40 år medan de högsta volymerna, uppgående till 15,9 m<sup>3</sup>/ha, återfinns i skogar som passerat 140 år (Fridman & Walheim, 2000).

Vid uttag av timmer i brukade skogar försvinner mycket av den biomassa som annars skulle stannat kvar som näring och möjliga habitat över en längre tid (Grove, 2002). I och med detta försvinner långsamt strukturen av mogen skog och möjliga habitat för vedlevande insekter (Grove, 2002). I brukade skogar, där få gamla träd dör och lämnas, ersätts skogen endast av unga träd i slutet av cyklerna. De äldre dödvedssubstraten hinner under tiden försvinna som möjliga habitat innan nya potentiella habitat hinner bildas från den nya skogen. Detta medför en minskning av gamla träd som möjliga habitat (Grove, 2002). Idag drivs utdöendet av vedlevande skalbaggar främst av en ökad intensiv skogsskötsel samtidigt som fragmentering av landskapet försvårar arternas förflyttning (Siitonen, 2001).

I Sverige och Finland vidtas aktiva åtgärder utöver lagstiftning, bland annat genom certifiering av FSC eller PEFC. Detta för att ytterligare gynna biologisk mångfald, men dessa åtgärder görs oftast på lågproduktiva marker och på små spridda områden där möjliga habitat blir begränsade (Siitonen, 2001). Förutom den totala mängden dödved i brukade skogar är även diversitet av dödved en bristvara (Kuuluvainen, 2009). Arter som lever i död ved har anpassat sig till olika typer av död ved, olika ekologiska nischer, och om vissa typer av död ved försvinner påverkas vissa arter negativt (Grove, 2002).

## Dödved som habitat och substrat

Studier har visat att antalet vedlevande arter är beroende av mängden dödved per beståndsareal. Även storleken av dödveden samt nedbrytningsgraden har betydelse för detta. Varierade typer av död ved är en utav de viktigaste elementen för biodiversitet i boreal skog. Uppskattningsvis är 5000–7000 arter indirekt eller direkt beroende av död ved och dess

kontinuitet. Av rödlistade arter i Sverige är 50% (2131 st) knutna till skog, varav 60% av dessa vedlevande insekter (Hjältén *et al.*, 2012).

## Vedlevande skalbaggar, substratform och substratdiversitet

Artsammansättning av vedlevande skalbaggar i skuggade och soliga platser skiljer sig, med högre artrikedom i den senare (Seibold *et al.*, 2016). Olika faktorer har visat sig spela olika stor roll för vedlevande skalbaggars artrikedom när det kommer till soliga kontra skuggade platser. För solbelysta platser spelar mängden dödved en större roll, medan diversiteten av dödved har större betydelse i skuggade områden (Seibold, 2016). Artrikedomen påverkas positivt av högre volymer dödved i solbelysta områden medan en högre diversitet av substrat ger positiva effekter på artrikedomen på skuggade platser (Seibold *et al.*, 2016).

Tidigare studier (Hjältén *et al.*, 2012) har visat på att substratform av dödved inte ger signifikanta skillnader på artrikedomen samtidigt som andra studier (Seibold *et al.*, 2016) pekar på att ökad diversitet av substrat ökar artrikedomen.

## Frågeställning och Hypotes

Vilken dödvedssubstratform och vilket trädslag har högst potential gällande artrikedom per individ och artackumuleringstakt? Därtill om det finns skillnader eller likheter i substratformernas och trädslagens artsamhällen?

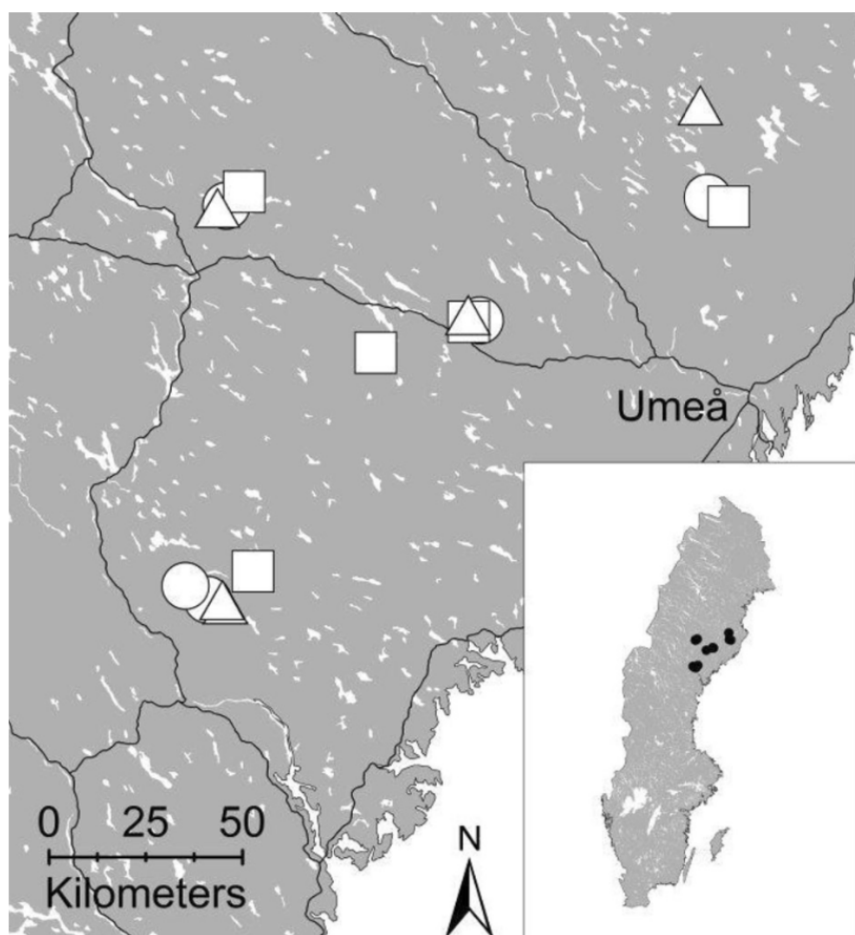
Frågorna besvaras genom att undersöka skillnader mellan:

- Stående och liggande substrat
- Individuella substratformer
- De representerade trädslagen gran, tall och björk

# MATERIAL OCH METODER

## Beskrivning av försöket

Försöket från vilket data erhöles anlades 2011 och bestod av totalt 30 bestånd vilka avsattes som frivilligt avsättningar av markägaren Holmen AB. Tio bestånd vardera behandlades med luckhuggning och bränning, resterande tio bestånd var obehandlade kontroller. I denna studie användes endast data från de bestånd som luckhögs. Bestånden var belägna från latitud 63°23' N till 64°30' N och longitud 17°37' E till 21°20' E och vars storlek varierade mellan 3,5 - 15,3 hektar, se figur 1 och tabell 1. Samtliga bestånd hade liknande trädslagssammansättning, historik, ståndortskaraktär (se tabell 1) och var i huvudsak belägna inom den mellanboreala zonen men dels i den norrboreala zonen (Ahti *et al.*, 1968). Trädslagssammansättningen dominerades av gran (*Picea abies* (L.) H. Karst) eller tall (*Pinus sylvestris* L.) med spridd förekomst av glasbjörk (*Betula pubescens* Ehrh.), vårtbjörk (*Betula pendula* Roth), asp (*Populus tremula* L.) och sälg (*Salix caprea* L.).



**Figur 1.** Karta över lokaler med luckhuggning (fyrkant), bränning (triangel) och kontroller (cirkel) (Hjältén *et al.*, 2017)

**Figure 1.** Map showing restoration sites with gap-cutting (square), burned (triangle) and controls (circle) (Hjältén *et al.*, 2017)

**Tabell 1.** Beståndsdata för luckhuggna avdelningar. All beståndsdata exklusive dödvedsvolym för 2010 och 2012 inhämtades från markägaren (Hägglund *et al.*, 2016)

**Table 1.** Site data for gap-cut compartments. All site data, excluding deadwood volume for 2010 and 2012, was obtained from the landowner (Hägglund *et al.*, 2016)



**Tabell 1.** Beståndsdata för luckhuggna avdelningar. All beståndsdata exklusive dödvedsvolym för 2010 och 2012 inhämtades från markägaren (Hägglund *et al.*, 2016)

**Table 1.** Site data for gap-cut compartments. All site data, excluding deadwood volume for 2010 and 2012, was obtained from the landowner (Hägglund *et al.*, 2016)

Område	Areal (ha)	Vegetatio nstyp	Bonitet (m <sup>3</sup> /år)	Ålder (år)	Stående volym 2010 (m <sup>3</sup> )	Volym uttag (m <sup>3</sup> )	Trädslagsfö rdelning (tall/gran/lö v)	Volym dödved 2010 (m <sup>3</sup> /ha)	Volym dödved 2012 (m <sup>3</sup> /ha)
G1	3,5	mesic(dry) )/torr- frisk	3,5	141	198,7	92	60/30/10	-	3,5
G2	13,2	mesic(mo ist)/frisk- fuktig	13,2	89	154,0	118	30/60/10	4,1	7,3
G3	7,8	mesic/fris k	7,5	140	162,6	31	50/40/10	7,7	11,8
G4	15,3	mesic/fris k	15,3	137	-	39	30/50/20	0,6	4,5
G5	8,0	mesic/fris k	7,7	94	240,3	124	70/20/10	5,7	9,6
G6	14,8	mesic/fris k	14,8	96	231,3	122	40/50/10	4,3	8,4
G7	8,4	mesic/fris k	8,4	135	257,5	85	50/30/20	5,7	9,6
G8	3,6	mesic/fris k	3,6	121	254,7	43	60/30/10	2,8	6,2
G9	3,8	mesic(mo ist)/frisk- fuktig	3,8	93	263,2	87	30/60/10	7,4	9,4
G10	6,8	mesic(dry) )/torr- frisk	6,8	145	184,7	51	70/20/10	7,4	9,4
Medel	8,5		8,5	119,1	216,3*	79,2		4,7	7,5
Standard fel	±1,4		±1,4	±7,4	±14,1	±11,4		±0,7	±0,8

- = data saknas

\*= baserad på nio avdelningar

- = data missing

\* = based on nine compartments

Luckhuggningen omfattade 19% av beståndets totalyta och virke från denna togs ut i varannan provyta, för att finansiera restaureringen. Varje provytas centrumpunkt utgjordes av ett evighetsträd vilket ibland omgärdades av ytterligare evighetsträd. Evighetsträden bestod företrädesvis av asp, glasbjörk, vårtbjörk eller sälg. Om föredragna arter ej fanns att tillgå valdes tall framför gran. I de luckhuggna bestånden skapades fem substrattyper av död ved; ringbarkade (Ri), högstubbar (Hs), tippade (Ti), kapade (Ka) eller liggande (Ls) med upp till fem replikat vardera per försöksyta. En insektsfälla per substrat placerades ut försommaren 2013 och dess fångst inhämtades under hösten samma år. Fällorna var av typen kläckfälla för att säkerställa att de infångade arterna var de som framgångsrikt förökat sig i substraten.

Kläckfällorna var konstruerade på följande sätt (se figur 2; en 30 cm bred polypropylenduk virades runt substratet och separerades från dess yta med ståltrådsringar. Ändarna på duken förslöts med utanpåliggande ståltråd. Fångskärlet fördes ihop med duken och utgjorde därmed den enda utgången. Fångskärlet bestod av en 250 ml plastflaska fylld till en tredjedel med 50% etylenglykol samt en liten andel diskmedel.



**Figur 2.** Kläckfälla på låga (vänster), kläckfälla på högstubbe (mitten) samt illustration av kläckfälla (höger) (Hjältén *et al.*, 2007)

**Figure 2.** Emergence trap on log (left), emergence trap on high stump (snag) (middle) and illustration of an emergence trap (right)

## Datahantering och analysverktyg

Data från försöket tillhandahölls av Joakim Hjältén på Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö (VFM) på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Rådata bestod av områdeskodade trädslags- och dödvedsformer kopplade till en insektsfälla. För varje fälla fanns information om identifierad art och antal individer för varje enskild art. Rådata för luckhuggningsbestånden selekterades ut och formaterades i Microsoft Excel genom att kompilera arter och dess antal per substratform.

Substrat med tomma fällor samt substrattypsgruppen Ls exkluderades, den sistnämnda på grund av att den endast utgjordes av ett substrat och därmed en fälla. Detta bedömdes ge en alltför låg sample size och därmed en oviss jämförelse. För den första aggregerades substratformerna till stående respektive liggande substrat. Substraten av björk exkluderades från denna analys då denna endast inkluderade substratformen Ka och därmed skulle influera utfallet av jämförelsen mellan grupperna. Detsamma gällde aggregeringen i den andra analysen mellan individuella substratformer. För den tredje analysen inkluderades endast substratformen Ka, då denna var den enda gruppen som innehöll samtliga trädslag. Detta för att undvika att jämföra både substratform och trädslag, då syftet var att jämföra trädslag.

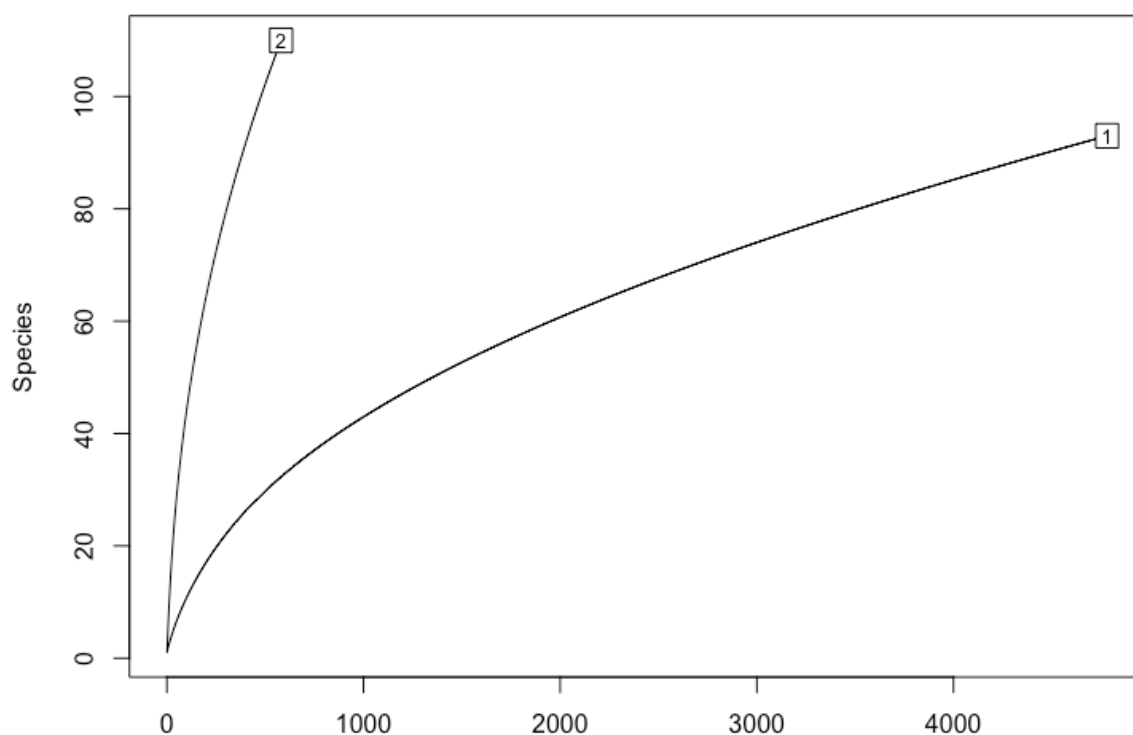
Data importerades sedan till R-studio där substraten kodades efter trädslag och substrattyp. Därefter nyttjades Vegan-paketet (Oksanen *et al.*, 2012) för att analysera artrikedom med rarefaction-funktionen och NMDS-funktionen.

Materialet analyserades på följande tre sätt; liggande substrat mot stående substrat, individuella substratformer mot varandra samt substratträdslag mot varandra.

# RESULTAT

## Artrikedom per liggande och stående substrat

Totalt analyserades fällor från totalt  $n_{\text{sub}}=268$  (antal substrat) där  $n_{\text{ind}}=5362$  (antal individer) från  $n_{\text{art}}=167$  (antal arter) av vedlevande skalbaggar infångats. Substraten aggregerades till två huvudgrupper, stående substrat ( $n_{\text{sub}}=135$ ) och liggande substrat ( $n_{\text{sub}}=129$ ). De liggande substraten uppvisade  $n_{\text{art}}=110$  och  $n_{\text{ind}}=581$ , mot de ståendes  $n_{\text{art}}=93$  och  $n_{\text{ind}}=4781$ . Den genomsnittliga lutningen (m) på kurvan för liggande substrat vid  $n_{\text{ind}}=581$  uppgick till 0,188. De stående substraten hade vid  $n_{\text{ind}}=581$  en lutning på 0,054 (se figur 3).

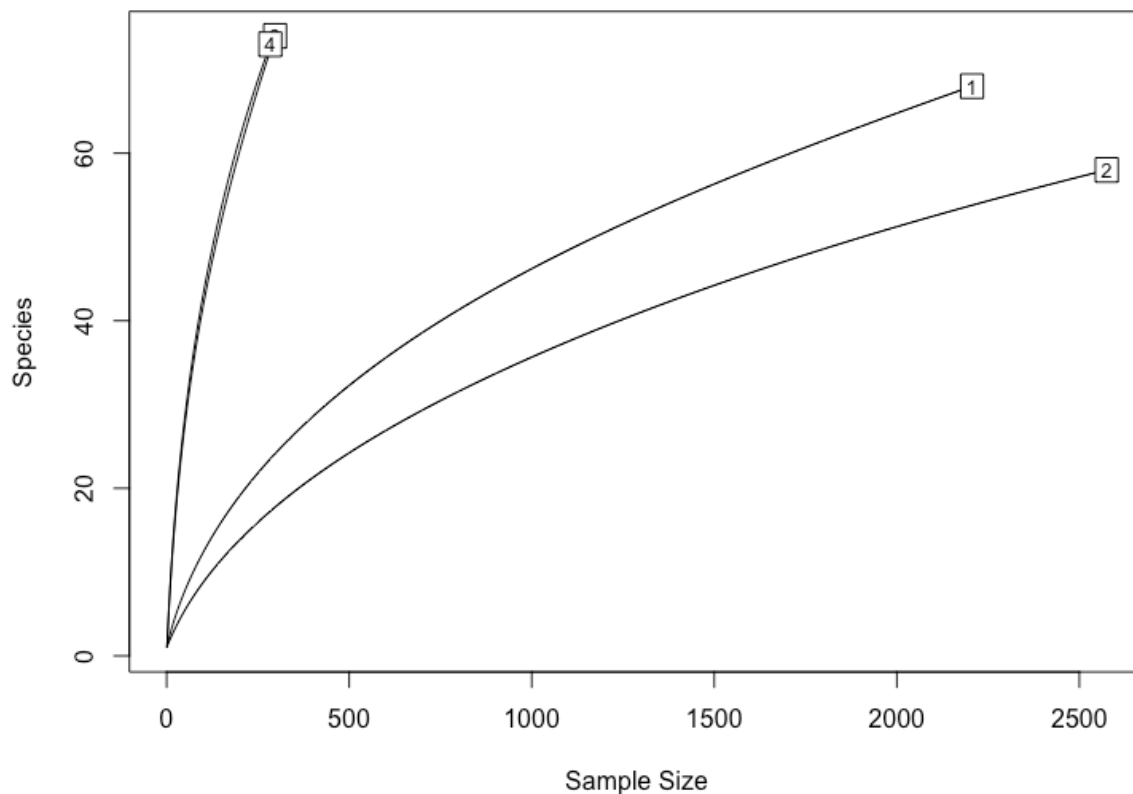


**Figur 3.** Rarefaction-kurva som visar artackumulering för stående (1) och liggande substrat (2).  $n_{\text{art}}=93$  och  $n_{\text{ind}}=4781$  för stående substrat samt  $n_{\text{art}}=110$  och  $n_{\text{ind}}=581$  för liggande substrat. Genomsnittlig lutning vid  $n_{\text{ind}}=581$  för stående substrat=0,054 och liggande substrat=0,188

**Figure 3.** Rarefaction curve demonstrating species accumulation on snags (1) and logs (2).  $n_{\text{art}}=93$  and  $n_{\text{ind}}=4781$  on snags,  $n_{\text{art}}=119$  and  $n_{\text{ind}}=581$  on logs. The average slope at  $n_{\text{ind}}=581$  on snags=0,054 and logs=0,188

## Artrikedom per individuell substratform

De två ovan nämnda substratgrupperna aggregerades om till individuella substratformer, vilka var Hs ( $n_{\text{sub}}=76$ ), Ri ( $n_{\text{sub}}=59$ ), Ka ( $n_{\text{sub}}=63$ ) och Ti ( $n_{\text{sub}}=66$ ). För Hs var  $n_{\text{art}}=68$  och  $n_{\text{ind}}=2206$ , Ri  $n_{\text{art}}=58$  och  $n_{\text{ind}}=2575$ , Ka  $n_{\text{art}}=74$  och  $n_{\text{ind}}=297$  samt Ti  $n_{\text{art}}=73$  och  $n_{\text{ind}}=284$ . Genomsnittlig lutning vid  $n_{\text{ind}}=284$  var för Hs=0,080, Ri=0,057, Ka=0,252 samt Ti=0,254 (se figur 4).

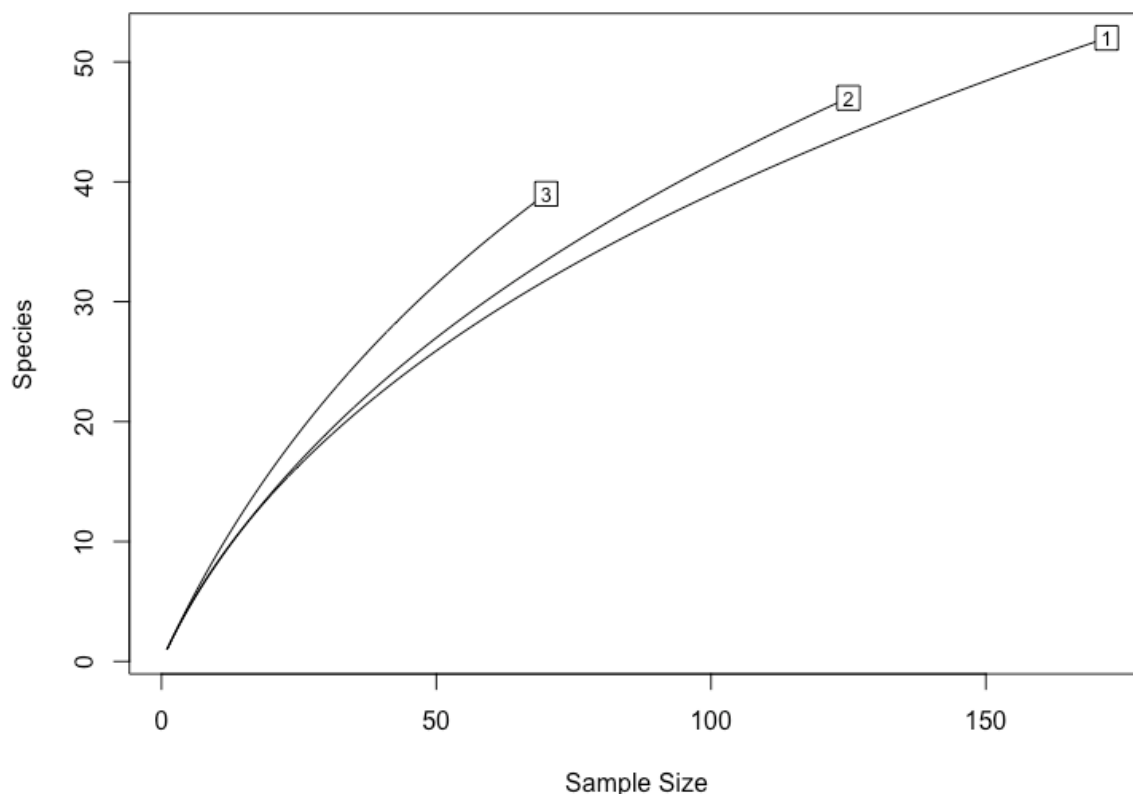


**Figur 4.** Rarefaction-kurva som visar artackumulering för enskilda substratformer: Hs (1)  $n_{art}=68$  och  $n_{ind}=2206$ , Ri (2)  $n_{art}=58$  och  $n_{ind}=2575$ , Ka (3)  $n_{art}=74$  och  $n_{ind}=297$  samt Ti (4)  $n_{art}=73$  och  $n_{ind}=284$ . Genomsnittlig lutning vid  $n_{ind}=284$  för Hs=0,080, Ri=0,057, Ka=0,252 och Ti=0,254

**Figure 4.** Rarefaction curve demonstrating species accumulation on individual substrate types Hs (1)  $n_{art}=68$  and  $n_{ind}=2206$ , Ri (2)  $n_{art}=58$  and  $n_{ind}=2575$ , Ka (3)  $n_{art}=74$  and  $n_{ind}=297$  and also Ti (4)  $n_{art}=73$  and  $n_{ind}=284$ . The average slope at  $n_{ind}=284$  on Hs=0,080, Ri=0,057, Ka=0,252 and Ti=0,254

### Artrikedom per substratträdsdrag

Den individuella substratformen Ka aggregerades sedan in i grupper kopplade till dess trädsdragarter gran ( $n_{sub}=40$ ), tall ( $n_{sub}=23$ ) och björk ( $n_{sub}=31$ ). Artantalet och individantalet för gran var  $n_{art}=52$  och  $n_{ind}=172$ , för tall  $n_{art}=47$  och  $n_{ind}=125$  samt för björk  $n_{art}=39$  och  $n_{ind}=70$  (se figur 5). Den genomsnittliga lutning vid  $n_{ind}=70$  var för gran=0,446, tall=0,470 samt björk=0,551 (se figur 5).

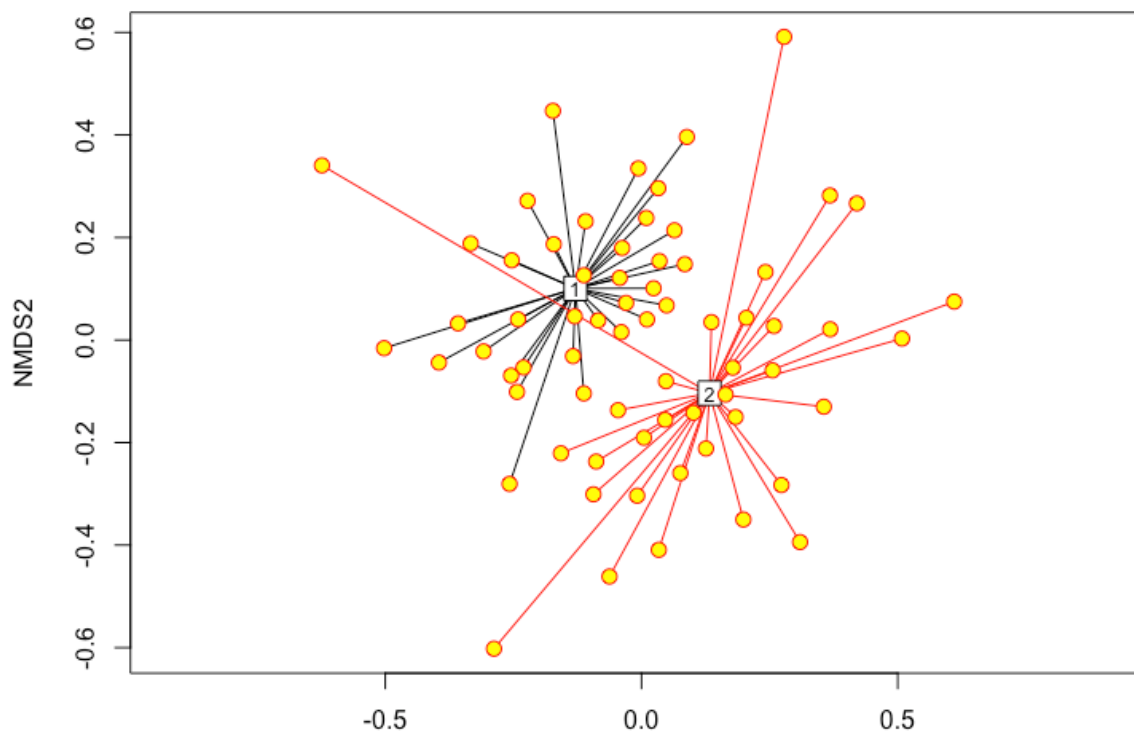


**Figure 5.** Rarefaction-kurva över artackumulering per trädslag Gran (1), Tall (2) och Björk (3). Gran  $n_{art}=52$  och  $n_{ind}=172$ , tall  $n_{art}=47$  och  $n_{ind}=125$  samt björk  $n_{art}=39$  och  $n_{ind}=70$ . Genomsnittlig lutning vid  $n_{ind}=70$  för gran=0,446, tall=0,470 och björk=0,551

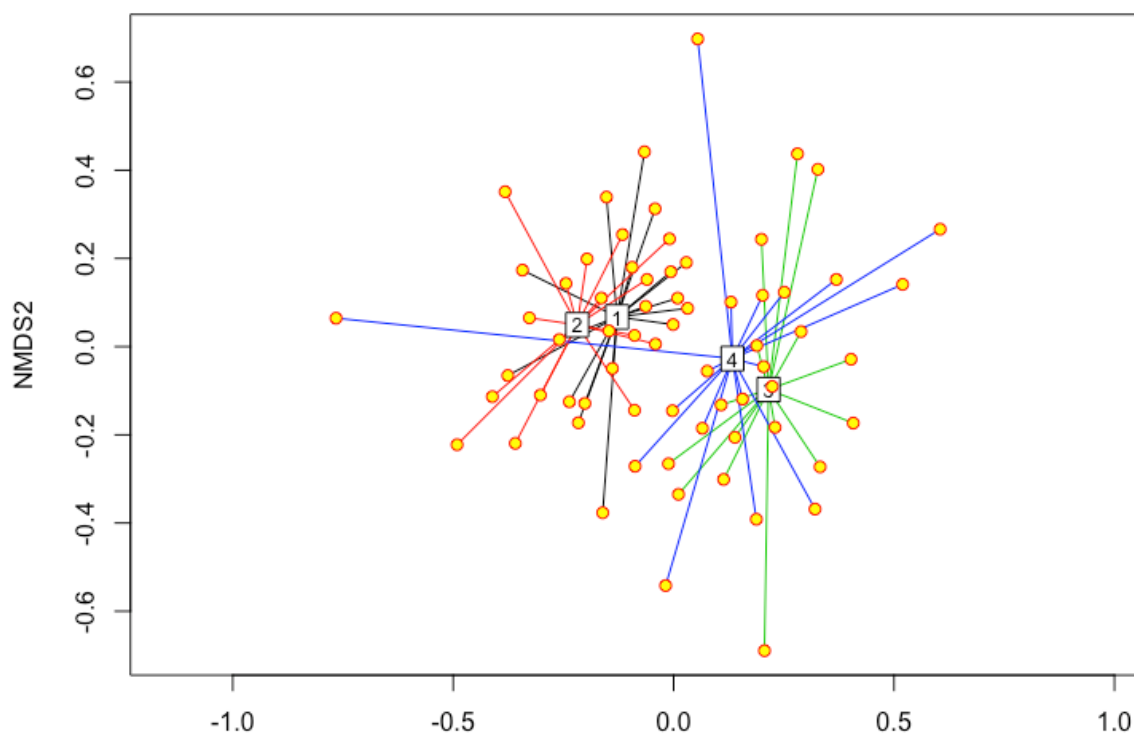
**Figure 5.** Rarefaction curve demonstrating species accumulation on substrate tree species Spruce (1), Pine (2) and Birch (3). Spruce  $n_{art}=52$  och  $n_{ind}=172$ , pine  $n_{art}=47$  och  $n_{ind}=125$  and also birch  $n_{art}=39$  och  $n_{ind}=70$ . Average slope at  $n_{ind}=70$  for spruce=0,446, pine=0,470 and also birch=0,551

## NMDS - relativa skillnader mellan artsamhällen för substratformer

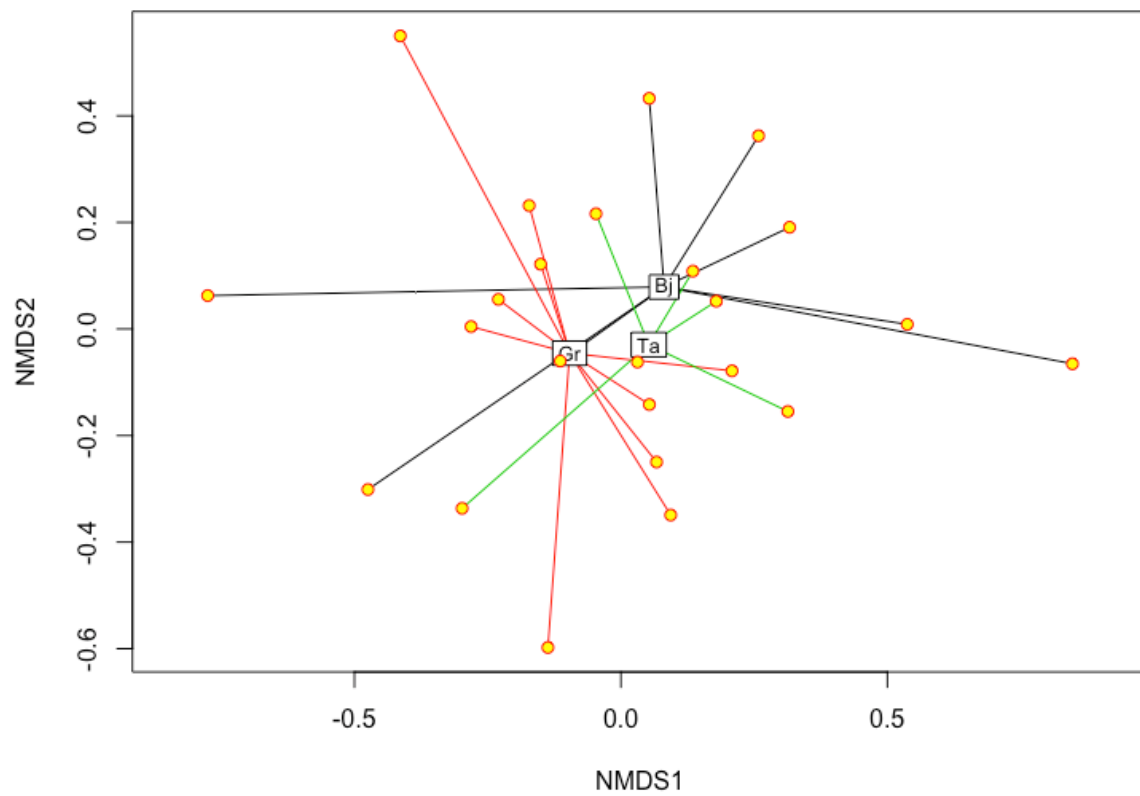
Likt för aggregeringarna som skapades för rarefaction-analyserna utfördes och NMDS-analyser. Dessa visade mönster av en relativ skillnad mellan artsamhällena för liggande och stående substratformer, se figur 6. Den liggande dödveden uppvisar ett mönster av större relativ intern spridning jämför med den stående. Samma mönster uppvisas även mellan de individuella substratformerna, se figur 7. För de enskilda substrattypsträdslagen uppvisas en relativ intern spridning mellan artsamhällena för gran och björk men för tall något mindre intern spridning. Mellan dessa grupper demonstreras en relativ skillnad av artsamhällena, då tre distinkta grupper kan urskiljas.



**Figur 6.** NDMS-plot över relativ fördelning av artsamhällen mellan stående (1) och liggande dödved (2)  
**Figure 6.** NMDS-plot demonstrating relative distribution of communities between standing deadwood (1) and logs (2)



**Figur 7.** NMDS-plot över relativ fördelning av artsamhällen mellan Hs (1), Ri (2), Ka (3) och Ti (4).  
**Figure 7.** NMDS-plot demonstrating relative distribution of communities between Hs (1), Ri (2), Ka (3) and Ti (4)



**Figur 8.** NMDS-plot över relativ fördelning av artsamhällen mellan Gran (1), Tall (2) och Björk (3)  
**Figure 8.** NMDS-plot demonstrating relative distribution of communities bewtween Spruce (1), Pine (2) and Birch (3)

# DISKUSSION

## Resultatsdiskussion

Rarefaction-kurvorna antyder att liggande dödved uppvisar en högre artrikedom per individ (Figur 3). Den liggande dödvedens brantare kurva tyder på att artackumuleringen i dessa substrat ökar i en snabbare takt jämfört med de stående räknat per insamlad individ. En snabbare artackumulering tyder i sin tur på att potentialen för hög artrikedom är högre i dessa då en brantare kurva indikerar att en asymptot för denna nås vid ett högre artantal.

Genom att analysera rarefaction-kurvorna för individuella substratformer tolkas resultatet som att de båda liggande substratformerna har en relativt högre artackumuleringstakt jämfört med de båda stående substraten. Utifrån ockulära analyser (Figur 4) kan det tydas att skillnaderna mellan de två huvudgrupperna (liggande och stående) är större än mellan individuella substratformer generellt. Tolkningen är att den potentiella artackumuleringen per individ är högre i båda de liggande substratformerna där tippade substrat uppvisar den högsta potentialen och ringbarkade den sämsta. Ytterligare tolkning av dessa kurvor är att skillnaden i artrikedom per individ mellan kapade och tippade substrat är mindre än för de två stående substratformerna.

Rarefaction-kurvor över artrikedom per trädslag tyder på en skillnad mellan samtliga trädslag. Högst artrikedom per individ finns i björk, där den potentiella artackumuleringen även är högre. Den totala artrikedomen är högst i gran, som förutom det även har hyser högst mängd skalbaggsindivider. Att granen har högst artrikedom kan vara korrelerat med att den vid störningar som till exempel storm ofta drabbas hårdare än andra trädslag och att fler arter därmed anpassats för att nyttja den som substrat. Det kan också vara en reflektion av lokalernas läge och brukningshistoria, det vill säga att granen med människans hjälp blivit ett utav de två mest dominanta trädslagen i svenska skogar. Att björk har den brantaste kurvan när artrikedom per substratträdslag jämförs tyder på att björk som dödvedssubstrat har den snabbast tilltagande artackumuleringen per skalbaggsindivid (Figur 5). Det är dock det trädslag som har totalt lägst antal insamlade arter vilket kan förklaras av att den totala mängden substrat av björk är lägre än övriga. En annan anledning till varför björk har den lägsta totala artrikedomen kan vara att det är det minst frekvent förekommande trädslaget av de jämförda och att arter i boreala områden därför är bättre anpassade till tall och gran.

NMDS, non-metric multidimensional scaling, visar inbördes samband av likheter och olikheter mellan samhällen med avseende på arter och lokaler. Resultaten för jämförelse mellan huvudgrupperna stående och liggande substrat (Figur 6) tyder på relativa skillnader både mellan och inom grupperna. Spridningen mellan substratformerna är dock samlade i olika områden av ploten vilket tyder på olikheter mellan artsamhällen i de olika formerna. När resultaten för jämförelsen mellan de fyra olika substratformerna tolkas syns en aggregering av både de liggande och de stående formerna (Figur 7). De två liggande substratformerna ligger relativt närmre varandra än nära de stående och vice versa. När relativa skillnader mellan kapade substrat jämförs per trädslag framträder inte lika tydliga aggregeringar mellan trädslag (Figur 8). Detta kan förklaras av en lägre sample size då kapade substrat endast utgör en del av totalen.



## Orsaksfaktorer försöksupplägg

Utsättningen av fällor samt insamlingen från dessa gjordes under en sommar två år efter att luckhuggningarna utförts. Senare successioner av arter skulle ha kunnat komma dit. Många steg av dödved blir aldrig aktuella. Dödved har många år av olika nedbrytningsfaser som lockar olika arter och artsamhällen kan därför förändras över tid (Siitonen, 2001).

Brukningshistoria för avdelningarna, samt omkringliggande skog i landskapet kan influera på vilka arter som möjligen kan ta sig till de substrat som skapats i försöket. Placering av försöksytorna, alltså var i landskapet de är och vilka makroförhållanden som råder påverkar säkerligen också utfallet. Substratplacering, det vill säga om ett substrat är solbelyst eller skuggat, är ej kontrollerat för i detta försök, vilket kan påverka artrikedom, sammansättning och kolonisation av vedlevande skalbaggar och andra vedlevande arter (Seibold *et al.*, 2016). Seibold *et al.* 2016 påvisar en tydlig påverkan av solbelysning både på abundans och artrikedom. Seibold *et al.* 2016 menar att det är en viktig drivande faktor och att många arter tycks vara anpassade till denna form av kronutglesning.

En influens ytterligare på utfallet kan bero på vertikal stratifiering av livsmiljöer hos framför allt stående substrat, då det för dessa finns en skillnad i bl.a. ljusmängd. Detta relaterar till att alla fällor var placerade på samma höjd på samtliga substrat och därmed inte fångade arter vilka förökade sig i andra delar av substraten.

I försöket saknas data för andra substratformer av björk än de kapade, samt samtliga substratformer av andra lövträdsarter, vara

## Orsaksfaktorer analysmetoder

Analysmetoden som valts innefattar endast artrikedom - abundans saknas för att ge ett mått på biologisk mångfald, då bägge dessa delar erfordras. Begränsningar i metoder, men använts för att illustrera mönster snarare än att gå in på detalj.

Kritik mot metoden rarefaction - kan inte säga något om abundans och då inte heller diversitet. Pga finns arter som är vanliga eller ovanliga kan kurvan komma att reflektera det snarare än samplingsfrekvensen.

Rarefaction-kurvorna som analyseras är påverkade av arternas abundans, det vill säga "individual-based", där lutningen kan påverkas av mängden av samma art. Detta innebär att en kurva som planar ut och ser ut att gå mot en asymptot i själva verket kanske inte gör det och att skillnaden i artackumuleringstakt kan vara mindre. För att motverka ett sådant utfall hade "sample-based rarefaction" kunnat tillämpas, då varje ny art endast räknas en gång.

Då kurvorna endast ger ett mått på artrikedom och artackumuleringstakt utan specifika data för hotade arter är det svårt att bedöma vilken metod som bäst lämpar sig för just hotade arter.

## NS-beståndens potential

Med hänsyn till att 5000-7000 arter är direkt eller indirekt beroende av dödved (Hjältén *et al.*, 2012) kan det vara tänkvärt att utnyttja potentialen som finns i NS-bestånd för att aktivt skapa bättre miljöer för dessa arter.

För att uppnå skogsvårdslagens mål för biologisk mångfald krävs det att fler aktiva åtgärder görs med tanke på rådande diversitetsminskning. Det krävs även att de åtgärder som aktivt används ska vara optimerade för att minska artutdöendet och bibehålla den biologiska mångfalden. Att utnyttja NS-beståndets potential för att skapa dessa habitat för krävande arter kan vara en av vägarna mot ett hållbart artbevarande.

För att vidare ta reda på vilka aktiva åtgärder som bäst gynnar dessa arter behövs fler försök. Då resultat från projektet (Hjältén *et al.*, 2017) visat att aktiva åtgärder positivt påverkar artrikedomen bör de beaktas som möjliga implementeringar i skogsbruket. Denna studie visar på att olika substratformer av dödved genererar olika utfall av artsamhällen och artrikedom. Då denna studie endast beaktar tre trädslag uppmanas det att utföra liknande studier för hur dödvedens substratform påverkar för ytterligare trädslag så som exempelvis säl, asp och al. Försöket, där data insamlats från, är belagt i den boreala zonen och därmed begränsad till det klimatet och vegetationen. För att vidare ta reda på vilka åtgärder som bäst skulle gynna vedlevande skalbaggar behövs fler studier som görs på fler breddgrader.

Lägst andel dödved i skogar upp till 40 år, högst andel i skogar över 140 år. Omloppstiderna är ofta kortare än 140 år, vilket påverkar mängden dödved. (Fridman Walheim) Problem om inte aktiva åtgärder vidtas för att skapa mer dödved i de skogar som utgör majoriteten av landet.

Med tanke på minskning av artdiversitet och att mängden obrukad skog är liten så räcker inte traditionella metoder för att bevara arterna. De frivilliga avsättningarna kan användas för att maximera potentiella habitat för hotade arter med hänsyn till energi-art- och habitat-heterogenitetshypotesen (Seibold *et al.*, 2016).

## Slutsats

Att utröna resultaten från rarefaction-kurvorna som skapats tyder de på att liggande dödved som substrat har en snabbare artackumuleringstakt tillsammans med att artsamhällen skiljer sig åt mellan de två huvudgrupperna är ett argument för att mer liggande dödved bör lämnas i artbevarandesyfte.

Kurvorna visar även att det är björk som har den snabbaste artackumulerings takten och därmed högst potential, vilket är ett argument för att mer björk borde lämnas. Utifrån den information bör även fler försök göras där björk finns i större mängd och även i fler former för att identifiera eventuella fördelar. Detta är dessutom ett argument för att göra vidare studier av hur andra lövträd påverkar skogars artrikedom och artsamhällen.

Skillnad i artsamhällens sammansättning föreslår att skapande av både liggande och stående dödved bör skapas för att komplementera varandras olikheter i syfte att gynna dödvedsberoende arter. Dessa bör skapas oftare än endast i slutet av rotationsperioder för att ha ett kontinuerligt flöde av dödvedssubstrat i olika nedbrytningsfaser.

# REFERENSER

- Anon. *European Union - Country Profile*. (Convention on Biological Diversity). Available from: <https://www.cbd.int/countries/profile/default.shtml?country=eur#fn1>. [Accessed 2019-04-20].
- Bengtsson, J., Nilsson, S.G., Franc, A. & Menozzi, P. (2000). Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 132 (1), ss. 39–50.
- Fridman, J. & Walheim, M. (2000). Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management*, vol. 131, ss. 23–36.
- Grove, S.J. (2002). Saproxylic Insect Ecology and the Sustainable Management of Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 33 (1), ss. 1–23.
- Hjältén, J., Danell, K., Johansson, T., Gibb, H., Alinvi, O., Pettersson, R., Ball, J. & Hilszczański, J. (2007). Mångfald gynnar mångfald. *FaktaSkog*.
- Hjältén, J., Hägglund, R., Löfroth, T., Roberge, J.-M., Dynesius, M. & Olsson, J. (2017). Forest restoration by burning and gap cutting of voluntary set-asides yield distinct immediate effects on saproxylic beetles. *Biodiversity and Conservation*, vol. 26 (7), ss. 1623–1640.
- Hjältén, J., Stenbacka, F., Pettersson, R.B., Gibb, H., Johansson, T., Danell, K., Ball, J.P. & Hilszczański, J. (2012). Micro and Macro-Habitat Associations in Saproxylic Beetles: Implications for Biodiversity Management. *PLoS ONE*, vol. 7 (7). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041100>.
- Hägglund, R., Dynesius, M., Johansson, T., Olsson, J., Roberge, J.-M. & Hjältén, J. (2016). Restoration measures emulating natural disturbances can have positive effects on saproxylic beetle assemblages.
- Kuuluvainen, T. (2009). Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in northern Europe: the complexity challenge. *Ambio*, vol. 38 (6), ss. 309–315.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Simpson, G., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H. & others (2012). The Community Ecology Package: package “vegan”. Accessed through <http://cran.r-project.org>.
- Paillet, Y., Bergès, L., Hjältén, J., Ódor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, M., Bijlsma, R.-J., Bruyn, L.D., Fuhr, M., Grandin, U., Kanka, R., Lundin, L., Luque, S., Magura, T., Matesanz, S., Mészáros, I., Sebastià, M.-T., Schmidt, W., Standovár, T., Tóthmérész, B., Uotila, A., Valladares, F., Vellak, K. & Virtanen, R. (2010). Biodiversity Differences between Managed and Unmanaged Forests: Meta-Analysis of Species Richness in Europe. *Conservation Biology*, vol. 24 (1), ss. 101–112.
- Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Büche, B., Szallies, A., Thorn, S., Ulyshen, M.D. & Müller, J. (2016). Microclimate and habitat heterogeneity as the major drivers of beetle diversity in dead wood. *Journal of Applied Ecology*, vol. 53 (3), ss. 934–943.
- Siitonen, J. (2001). Forest Management, Coarse Woody Debris and Saproxylic Organisms: Fennoscandian Boreal Forests as an Example. *Ecological Bulletins*, (49), ss. 11–41.
- Skogsstyrelsen, Ekstrand, M., Sparf, M. & Svedberg, K. (2019). *Skogsvårdslagstiftningen - Gällande regler 1 April 2019*. Skogsstyrelsen. Available from: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/lag-och-tillsyn/skogsvardslagen/skogsvardslagstiftning-2019-.pdf>. [Accessed 2019-04-20].
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Simpson, G., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H. & others (2012). The Community Ecology Package: package “vegan”. Accessed through <http://cran.r-project.org>.